

Dlaczego fizycy szukali tzw. „boskiej cząstki”?

<http://efizyka.win.pl/przygoda/>¹



Z czego zbudowany jest świat?

Fizycy od stuleci próbują rozwiązać zagadkę, z czego zbudowany jest świat. Opracowali teorię zwaną **Modelem Standardowym**. Wyjaśnia ona z czego zbudowany jest świat i co utrzymuje go w całości. Jest to teoria, która opisuje setki znanych nam cząstek oraz oddziaływania między nimi jedynie za pomocą:

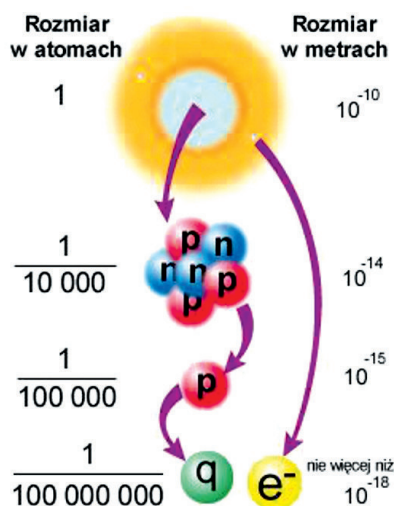
- **6 kwarków**;
- **6 leptonów** – najbardziej znanym leptonem jest elektron;
- **cząstek przenoszących oddziaływanie**, jak np. foton.

Skala atomu

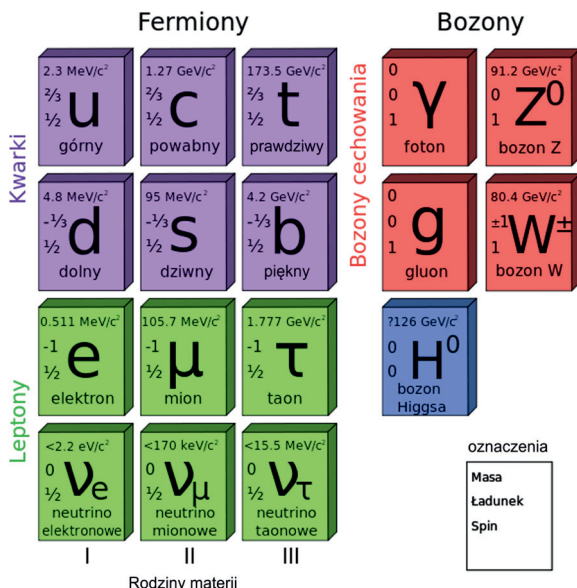
Już atom jest bardzo mały, jednak jądro atomowe jest 10 tysięcy razy mniejsze niż atom, a kwarki i elektrony są przynajmniej 10 tysięcy razy mniejsze niż jądro. Nie wiemy dokładnie, jakie są rozmiary kwarków i elektronów; są one na pewno mniejsze niż 10^{-18} metra i mogą być dosłownymi punktami – tego jednak nie wiemy.

Wszystkie znane cząstki materii składają się z kwarków i leptonów. Oddziałują one poprzez wymianę cząstek przenoszących oddziaływanie.

Podstawowe składniki, jakie Model proponuje, są przedstawione na diagramie na następnej stronie. Składniki te stanowią trzy różne grupy oraz jedną pojedynczą cząstkę zwaną bozonem Higgsa. To na nią było trwające parę lat polowanie.



¹ Z tej doskonałej strony internetowej pochodzą niektóre fragmenty i ilustracje.



Kwarki są jednym z rodzajów cząstek materii. Większość materii, która nas otacza, jest zbudowana z protonów i neutronów, które z kolei składają się właśnie z kwarków.

Mamy **sześć kwarków**, lecz fizycy mówią zwykle o trzech parach: górny–dolny (*up–down*), powabny–dziwny (*charm–strange*) i prawdziwy–piękny (*truth–beauty*); obecnie w języku angielskim używa się nazw *top–bottom*.

Kwarki mają niezwykłą własność – ich ładunek elektryczny jest **ułamkowy** (w jednostkach tzw. ładunku elementarnego) w przeciwieństwie do protonu i elektronu, mających odpowiednio ładunki $+1$ i -1 . Kwarki posiadają jeszcze inny rodzaj ładunku, zwany ładunkiem kolorowym.

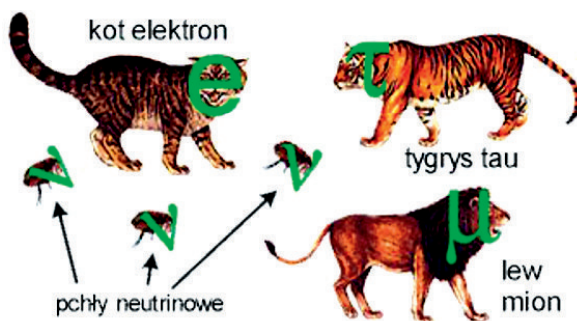
Najtrudniej uchwytyny kwark **prawdziwy** został odkryty w roku 1995, czyli 20 lat po tym, jak teoretycznie przewidziano jego istnienie.



Innym rodzajem cząstek materii są **leptony**. Istnieje sześć rodzajów leptonów, z których trzy mają ładunek elektryczny, a trzy są elektrycznie obojętne. Wydają się one być cząstkami bez jakiegokolwiek wewnętrznej struktury. Najbardziej znanym leptonem jest **elektron** (e^-). Pozostałe dwa naładowane leptony to **mion** (μ) i lepton **tau** (τ), które mają ładunek identyczny jak elektrony, lecz ich masa jest dużo większa. Innymi leptonami są trzy rodzaje **neutrino** (ν). Są one elektrycznie obojętne, posiadają niewielką masę, a ich obserwacja jest bardzo trudna².

² O polowaniu na neutrino można przeczytać we wcześniejszych *Neutrinach*, które znajdują się na stronie internetowej *Fotonu* <http://www.if.uj.edu.pl/Foton/>.

Kwarki są towarzyskie i występują tylko w cząstkach złożonych wraz z innymi kwarkami, podczas gdy leptony są cząstkami-samotnikami. Można wyobrazić sobie leptony jako niezależne koty z pchłami neutrinowymi, które bardzo trudno dostrzec.



Dla każdego leptonu istnieje jeszcze odpowiadająca mu cząstka antymaterii – antylepton. Antyelektron ma specjalną nazwę – pozyton.

Rodziny cząstek materii

Zarówno kwarki, jak i leptony występują w trzech grupach. Każdą z tych grup nazywamy **rodziną** cząstek materii (ładunki wynoszą $+2/3$, $-1/3$, 0 , -1 przy przejściu w dół każdej generacji). Cząstki przypisano do danej rodziny według kryterium rosnącej masy.

Jak już powiedzieliśmy, cała materia widoczna we Wszechświecie jest zbudowana z cząstek pierwszej rodziny – z kwarków górnych, dolnych oraz z elektronów. Tłumaczymy to tym, że wszystkie cząstki drugiej i trzeciej rodziny są niestabilne i szybko ulegają rozpadowi na stabilne cząstki z pierwszej rodziny.

Co scala świat – cząstki pośredniczące w oddziaływaniach

Poniżej znajduje się zestawienie różnych oddziaływań i cząstek pośredniczących w ich przenoszeniu. W szkole zapoznałeś się z oddziaływaniami grawitacyjnymi i elektromagnetycznymi. Oddziaływania, które są odpowiedzialne np. za utrzymywanie się jądra atomowego w całości (nie rozpada się, pomimo że ładunki jednoimienne się odpychają) są to oddziaływania jądrowe, czyli jak dziś wiemy tzw. oddziaływania słabe i silne. Fizycy opisują oddziaływania poprzez wprowadzenie tzw. cząstek pośredniczących. I tak, np. gluony „sklejają” kwarki w jądrze, a fotony utrzymują elektrony wokół dodatnich jąder, tak że atomy są neutralne. W tabelce poniżej podany jest komplet bozonów pośredniczących.

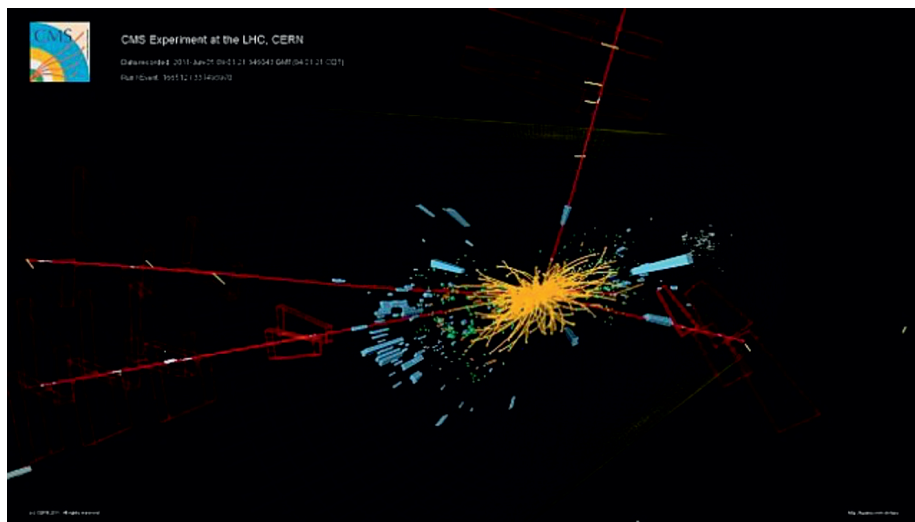
Oddziaływanie	grawitacyjne	słabe elektrosłabe	elektromagnetyczne	silne
Przenoszone przez	grawiton	bozony W^+ W^- Z^0	foton	gluon
Działa na	wszystko	kwarki i leptony	kwarki, naładowane leptony i W^+ , W^-	kwarki i gluony

Zagadka: masy cząstek

Dlaczego foton różni się od cząstek W masą? Przecież obie cząstki przenoszą oddziaływanie – dlaczego więc masa fotonu jest zerowa, a bozony W są takie ciężkie?

Aby to wyjaśnić fizycy wprowadzili do teorii tzw. **pole Higgsa**, które oddziałuje z cząstkami, w wyniku czego nadaje im masę. Pole Higgsa wymaga istnienia cząstki zwanej **bozonem Higgsa**.

Eksperyment, w którym znaleziono bozon Higgsa, prowadzony był od roku 2007. Polegał on na zderzaniu w LHC, czyli Wielkim Zderzaczu Hadronów, przeciwbieżnych wiązek protonów. Chodziło o osiągnięcie tak dużej energii przy zderzaniu, aby umożliwić powstanie i zaobserwowanie bozonu Higgsa. Spodziewano się, że jest on bardzo krótkożyty i natychmiast rozpada się, np. na dwa fotony lub dwa bozony W. To po produktach rozpadu identyfikuje się cząstki żyjące bardzo krótko.



Zderzenie p-p (proton-proton) w LHC

„Odkrycie cząstki mającej właściwości takie, jakie teoria przewiduje dla bozonu Higgsa, otwiera drogę do dalszych badań i może rzucić światło na inne tajemnice Wszechświata. To kamień milowy w naszym rozumieniu Natury” – powiedział dyrektor generalny CERN Rolf Heuer na konferencji 4 lipca 2012 roku, kiedy ogłoszono to odkrycie.

W eksperymentach o nazwie ATLAS i CMS, w których „upolowano” bozon Higgsa, uczestniczy wielu fizyków i inżynierów również z Krakowa i z Warszawy.

Polecamy czytelnikom artykuł Krzysztofa Fiałkowskiego pt. „*Boska cząstka*” odkryta? (*Foton* 118, Jesień 2012); <http://www.if.uj.edu.pl/Foton/>.

Z.G-M

